

理 科

ロウソクの火が消える原因に対する児童の概念変化に関する研究
—混合気体による児童実験を採り入れた学習内容の効果の検証—

三 田 幸 司

1. 問題の所在と研究の目的

小学校第6学年の単元「物の燃え方と空気」について、小学校学習指導要領解説理科編¹⁾の目標の項では次のように記されている。すなわち、燃焼の要因や規則性を推論しながら調べ、見出した問題を計画的に追究する活動を通して、物の性質や規則性についての見方や考え方を養うことである。また、同じく内容の項においては、閉じた空間では植物体が燃えなくなることから、植物体が燃える前後の空気の性質を調べることによって、次の2点などについて推論を通してとらえられるようにすることが述べられている。

植物体が燃えるときには、

- ・ 空気に含まれる酸素の一部が使われ二酸化炭素ができること
- ・ 酸素には物を燃やす働きがあること

一方、教科書²⁾においては、これら2つの内容を扱う場合の実験として、それぞれ次のような方法が掲載されている。

ア) フタをした集気ビン内において、火をつけたロウソクを入れる前と火が消えた後の酸素と二酸化炭素の割合の変化を、石灰水や気体検知管を用いた実験で確かめさせる。

イ) 集気ビンに酸素、二酸化炭素、窒素それぞれをとり、火がついたロウソクを入れて様子を観察させる。

ア)の実験においては、気体検知管を用いれば、ロウソクの火が消えた後では酸素の体積の割合が約4%減少³⁾しており、逆に二酸化炭素が約4%

増加しているという結果が得られる。また、イ)の実験においては、酸素中ではロウソクの火が激しく燃え、二酸化炭素や窒素の中では火がすぐに消えるという結果を子どもは確認できる。これら2つの実験結果を個別に見た場合は、学習指導要領解説理科編に示された内容をクリアすることは可能であると考えられる。

しかし、イ)の実験結果をもとにア)の実験結果について考えた場合、「フタをした集気ビンの中で火が消えていくのは、二酸化炭素が増えたからだ。」という誤概念をもつ子どもがいるのではないだろうか。本単元学習前の子どもにとって、火が消えることを体験しているのは、燃料となるロウが尽きたりガス等の燃料を絶ったりした場合以外では、風や水等が火にあたった場合であろう。このため、子どもが実験イ)の結果を見れば、二酸化炭素は風や水と同様に火を消す働きがあることとらえる可能性がある⁴⁾。そして、実験ア)の結果に対しては、閉じた空間でロウソクの火が消えていくのは、助燃性がある酸素が減少したからではなく、「火を消す働きがある二酸化炭素が増えるから」という説明も可能になるであろう。また、実験イ)の結果から、空気中で火が穏やかに燃えるのは酸素の割合が約21%だからであることをおさえれば、子どもが「火を激しく燃やす酸素が減ったことと、火を消す二酸化炭素が増えたことの両方で消える」ととらえることも考えられる。

他方、教科書に掲載されている実験では、小学校学習指導要領解説理科編の目標の項で示されている、燃焼の要因や規則性を推論しながら調べることはクリアできるものの、見出した問題を計画的に追究することについては充分であるとは言い

難しい。実験ア)とイ)を学習することによって「二酸化炭素が火を消す」と考えるようになる子どもがいるとすれば、閉じた空間においてロウソクの火が消える原因となるのは酸素なのか二酸化炭素なのかを問題として設定することができるであろう。そして、この問題を計画的に確かめていくことができる実験方法を開発すれば、この単元の目標の達成度をより高めることができると思われる。

これらのことからすれば、本単元の指導にあたっては、実験ア)とイ)の結果から複合的に生起するであろう子どもの概念を明らかにするとともに、誤概念については新たな学習内容を開発・検討する必要があるが、そのような先行研究は見あたらなかった。以上のことから、本研究では次の2点を目的として設定した。

- 教科書に示されている実験ア)とイ)について学習を行った後、閉じた空間においてロウソクの火が消えることに二酸化炭素の増加が関係するという概念をもつようになる子どもがいるのかどうかを明らかにする。
- 閉じた空間においてロウソクの火が消える原因を確かめるための学習内容を開発して授業に導入し、子どもの概念変化への効果を検証する。

2. 研究の方法

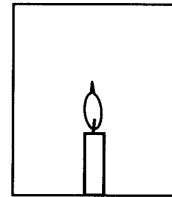
(1) 対象児と調査方法・時期

広島県内の小学校第6学年2クラスの子ども78名を対象に授業と調査を行った。授業単元は小学校第6学年「物の燃え方と空気」であり、授業は平成23年11月上旬から12月中旬までの間に行った。

閉じた空間においてロウソクの火が消える原因に対する子どもの概念調査は、図1のような質問文と図によるアンケート方式により、該当単元導入前(8月30・31日)に調査1として、そして実験ア)とイ)についての学習終了直後(11月9・18日)に調査2として実施した。これら2つの調査回答から、実験ア)とイ)の学習後、火が消えることに二酸化炭素が関係するという概念をもつよ

うになる子どもがいるのかどうかを分析する。

下の図のように、穴やすきまがない箱の中でロウソクに火をつけました。



- ①時間がたつ(ロウがなくなる前)とロウソクの火はどうなっていると思いますか？
- ②どうして①で答えたようになると思うのか、自分の考えを書きましょう。

図1 概念調査に用いた質問文と図

また、開発した学習内容を授業に導入した効果の検証にあたっては、該当単元終了後に行った到達度テストの中に「火がついたろうそくに、穴のないペットボトルをかぶせると、しばらくして火が消えました。その原因を答えなさい。」という項目を入れた(調査3)。この項目に対する回答を、先の調査2の結果と比較して分析を行う。

(2) 授業構成

本研究では、子どもが実験イ)の結果をもとに実験ア)の結果について考えた場合の誤概念をターゲットにしている。実験ア)とイ)の教科書掲載順は表1のとおり発行所によって異なるが、子どもにとって2つの実験は一連の学習であるため、実験ア)→実験イ)の順で扱った場合でも、実験イ)の結果から実験ア)の結果を再考し、先に述べた誤概念が生起することが考えられる。これらのことから、本研究においては実験イ)→実験ア)の順を採用する。

表1 教科書発行所ごとの掲載順⁵⁾

掲載順	発行所
実験ア)→実験イ)	啓林館
実験イ)→実験ア)	大日本図書, 東京書籍, 学校図書, 教育出版

単元全体の授業計画は次のとおりである。

第1次 燃焼による気体の割合変化と気体の性質の変化調べ(2時間)

第2次 火が消える原因は酸素か二酸化炭素
か？（3時間）

第3次 火を燃え続けさせるには？（5時間）

第4次 ろうソク以外の燃焼実験と単元のま
とめ（3時間）

実験ア)とイ)は第1次で行い、本研究で開発した
学習内容は第2次へ導入した。

(3) 開発した学習内容

まず、火をつけたろうソクに穴のないペットボ
トルをかぶせると火が消える原因を尋ねる。予想

される子どもの考えとしては、次の3つがある。

- 1) 酸素の減少
- 2) 二酸化炭素の増加
- 3) 酸素の減少と二酸化炭素の増加

これらの考えをもとに、閉じた空間で火が消え
る原因を明らかにすることを学習課題として設定
する。そして、個々の子どもの考えをもとに実験
グループを構成した後、酸素と二酸化炭素、窒素
を任意の割合で混合した気体を作る方法を紹介す
る。あわせて、図2と図3のプリントを配布し、

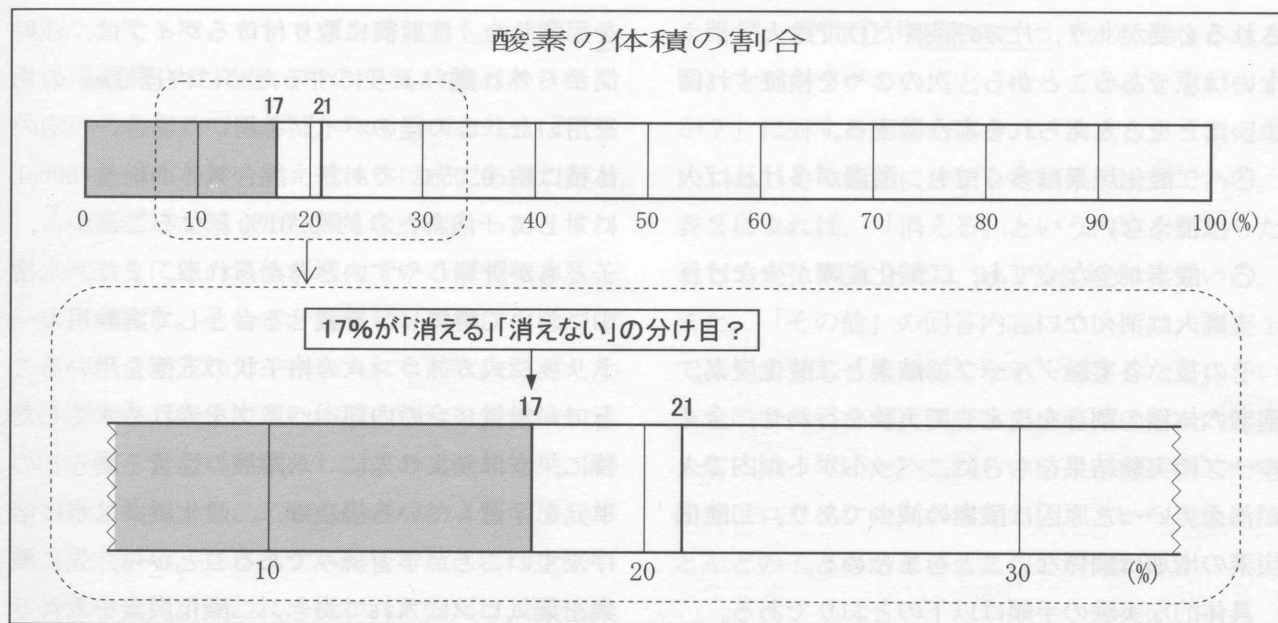


図2 配布したプリントⅠ（酸素の体積の割合）

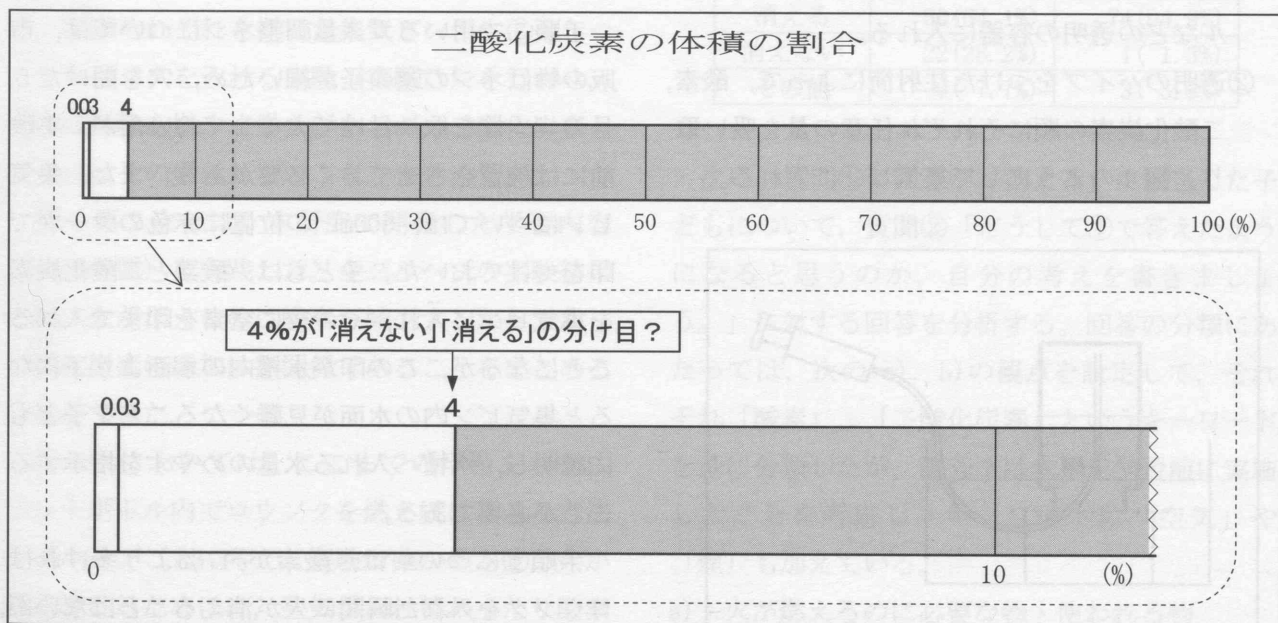


図3 配布したプリントⅡ（二酸化炭素の体積の割合）

酸素については約 17%を、二酸化炭素については約 4%をロウソクの火が消えるか消えないかの境界として仮定したとすれば、1)や 2)の考えをもつグループはそれぞれ次の i)や ii)を検証できればよいことをとらえられるようにする。

- i) 二酸化炭素の割合に関係なく、酸素が少なければ火は消える。
- ii) 酸素の割合に関係なく、二酸化炭素が多ければ火は消える。

また、3)の考えをもつグループについては、酸素の割合と二酸化炭素の割合の両方の条件が満たされる必要があり、片方の条件だけでは火は消えないはずであることから、次の 2つを検証すればよいことをとらえられるようにする。

- 二酸化炭素は多くても、酸素が多ければ火は消えない。
- 酸素が少なくても、二酸化炭素が少なければ火は消えない。

その後、各実験グループで酸素と二酸化炭素、窒素の体積の割合を決定して実験を行わせ、全グループの実験結果をもとに、ペットボトル内で火が消えていった原因は酸素の減少であり、二酸化炭素の増加は関係ないことをまとめる。

具体的な実験の手順は以下のとおりである。

- ①ボンベに入っている酸素や二酸化炭素を、それぞれ水上置換法によって広口のペットボトルなどの透明の容器に入れる。
- ②透明のパイプをつけた注射筒によって、酸素、二酸化炭素の順にそれぞれ任意の量を吸い取り、図 4 のようにして集気ビンに入れる。

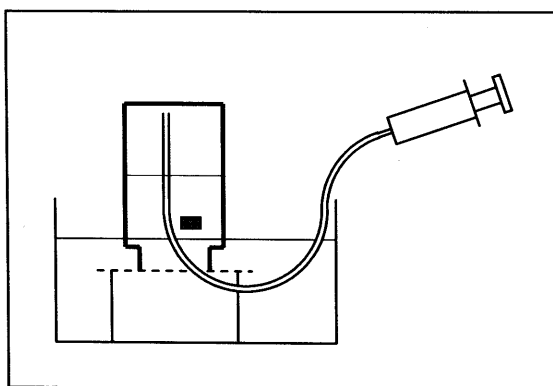


図 4 集気ビンへの封入方法（手順②）

③ガス量調整ネジを用いて、窒素を集気ビンの 500mL の印まで入れる。

④火をつけたロウソクを集気ビンの中へ入れ、すぐに火が消えるかどうかを見る。

手順①については、子どもが酸素と二酸化炭素を混同するのを避けるために、容器の形状が異なる物を用意した。加えて、それぞれの容器のキャップに気体名を記したラベルをつけておいた。

手順②において用いる注射筒については、最終的に混合気体ができる集気ビンのサイズを 500mL にしたことから、5mL、20mL、50mL、100mL の物を用意した。注射筒に取り付けるパイプは、注射筒から外れ難いようにするために内径 3mm の物を用いた。この径のパイプを用いた場合、一泡の体積は約 0.05mL であり、混合気体の総量 500mL に対して一泡あたり約 0.01%となることから、子どもが計算しやすいと考えられる。また、水槽中において集気ビンを載せる台として実験用カートリッジ式ガスコンロの格子状の五徳を用いることで、集気ビンの内部へパイプを入れやすくした。特に、本単元より先に「水溶液の性質と働き」の単元を学習している場合は、二酸化炭素は水に溶けやすいことが学習済みであることから、先に酸素を集気ビンに入れておき、二酸化炭素を入れる際はパイプの先を集気ビン内の水面より上まで差し込むことの理由を説明しておく必要がある。

手順③で用いるガス量調整ネジについては、市販の物はネジの頭の径が細いため、穴を開けた 5 号のゴム栓を取り付けて太くしておいたが、実験前には練習をさせておく必要がある。また、集気ビンについては、500mL の位置に赤色のテープで印をつけておいた。子どもは、酸素と二酸化炭素を集気ビンに入れ、その後に窒素を印まで入れることになるが、この印が水槽内の水面より下になると集気ビン内の水面が見難くなることを子どもに説明し、水槽へ入れる水量のめやすを指示することが必要である。

手順④については、酸素が 17%より多ければロウソクを入れた瞬間に火が消えることはないが、しばらくすれば消えることから、子どもによって

は実験結果の交流の際に「消えた」と発言して他グループの子どもが混乱することが予想される。よって、火を入れた瞬間に消えるかどうかを見ることを事前に指導しておくことが重要である。

(4) 授業の概要

第1次では、まず、火をつけたロウソクに穴のないペットボトルをかぶせて火が消えていく様子を観察させ、火が消えていく理由を交流させた。子どもたちからは、両クラスとも空気や酸素が減った・無くなったという考えとともに、ペットボトルのキャップを外せば燃え続けるという意見が出た。そこで、キャップを外しても火が消える様子を観察させた後、中の空気が減ったり無くなったりしたのであれば、キャップを外せば空気が外から補充されて燃え続けるはずであることと、中の酸素だけが減ったり無くなったりしたとすれば、代わりに他の気体が増えているはずであることをおさえた。そして、集気ビンの中に火をつけたロウソクを入れて、火を入れる前と火が消えた後の酸素と二酸化炭素の体積の割合を気体検知管で確かめさせた(実験f)）。この実験の結果、酸素が約4%減少し、二酸化炭素が約4%増加していたことから、ロウソクが燃えるときには空気中の酸素の一部が使われ、使われた分だけ二酸化炭素ができることと、窒素はロウソクの燃焼には関係ないことをまとめた。その後、酸素、二酸化炭素、窒素それぞれを採った集気ビンの中に火をつけたロウソクを入れる実験(実験f)）を行わせ、酸素には物を燃やす働きがあるが、二酸化炭素と窒素にはその働きがないことをまとめた。

続く第2次では、本研究で開発した学習内容(前項参照)を実践した。全グループの実験結果から、火が消えるのは酸素が減少するからであり、二酸化炭素の増加は無関係であることをまとめることができた。

第3次においては、ここまでの学習をもとにペットボトル内でロウソクを燃え続けさせる方法をグループごとに考えて実験で確かめさせ、火が燃え続けるためには、空気が入れ替わったり酸素が補充されて中の気体が排出されたりする必要が

あることをまとめた。また、第4次では、割り箸の燃焼実験と、ロウソクの炎に酸素や二酸化炭素、窒素を吹き付ける実験を行って単元をまとめた後、達成度テストを行った。

3. 結果と考察

(1) 閉じた空間においてロウソクの火が消える原因に対する子どもの概念について

調査1(単元導入前)と調査2(実験f)、f)学習後)に対する回答を分析する。

まず、質問①「時間がたつ(ロウがなくなる前)とロウソクの火はどうなっていると思いますか?」に対する回答内容を、「消える」「消えない」と「その他」に分類した結果が表2である。表2によれば、「消える」という内容を記述した子どもが、調査2では94.9%に増加している。また、「その他」の回答内容については、調査1では6名とも「火が弱くなる・小さくなる」というものであったが、調査2ではそのような内容は1名に減っていた。これらの結果から、閉じた空間ではロウソクの火が消えていくという現象をほとんどの子どもがとらえたことが分かる。

表2 質問①への回答の変化(人)

	調査1	調査2
消える	50(64.1%)	74(94.9%)
消えない	22(28.2%)	1(1.3%)
その他	6(7.7%)	3(3.8%)

次に、質問①の回答が「消える」に該当した子どもについて、質問②「どうして①で答えたようになると思うのか、自分の考えを書きましょう。」に対する回答を分析する。回答の分類にあたっては、次のa)、b)の観点を設定して、それぞれ「酸素」、「二酸化炭素」というキーワードを基に分類したが、調査1は本単元学習前に実施したことを考慮し、キーワードに「空気」や「煙」も加えている。

a) 火が燃えるのに必要な物・使われる物

キーワード: 「酸素」、「空気」

b) 火を消す物、火が燃えるのを邪魔する物
キーワード：「二酸化炭素」，「煙」
分類の結果は表 3 と表 4 のとおりである。

表 3 調査 1 での質問②への回答

分類	内容	人数
①	a) の減少	28 (56.0%)
②	b) の増加	2 (4.0%)
③	a) の減少と b) の増加の両方	5 (10.0%)
④	a) が b) へ変化	2 (4.0%)
その他		13 (26.0%)

表 3 に示した調査 1 の分類から、本単元学習前では、火が消える原因を半数以上の子どもが「酸素」，「空気」の減少と考えていたことが分かる。一方、分類②から④のように、火が消えることに「二酸化炭素」，「煙」が関係していると考えた子どもがいたことが明らかになった。

表 4 調査 2 での質問②への回答

分類	内容	人数
①	a) の減少	33 (42.3%)
②	b) の増加	6 (7.7%)
③	a) の減少と b) の増加の両方	15 (19.2%)
④	a) が b) へ変化	3 (3.8%)
⑤	a) の減少と b) の存在	3 (3.8%)
⑥	a) の減少または b) の増加	1 (1.4%)
その他		17 (21.8%)

また、表 4 に示した調査 2 への回答の分類結果では、表 3 と同じく、分類①および分類②から④に該当する内容が回答されていたことに加え、酸素の減少だけでなく二酸化炭素にも影響されて火が消えるという回答内容（分類⑤）があった。また、分類⑥については、火が消える原因は酸素の減少か二酸化炭素の増加のどちらかであるという内容であったため、分類③と区別した。質問②への回答内容からすれば、火が消えることに二酸化炭素が関係するのではないかという概念をもっていると考えられるのは、調査 1 では表 3 の分類②から④に該当する 9 人、調査 2 では表 4 の分類②から⑥に該当する 28 人ということになる。調査 1 と調査 2 について、これらの分類に該当する子

どもの人数を比較するために、1 × 2 表を作成して直接確率計算法によって検定を行った。その結果は $p=0.0026$ （両側検定）であり、調査 2 では有意な増加が認められた。このことから、実験ア) とイ) の学習後に、火が消えることに二酸化炭素が関係するのではないかという概念をもつようになった子どもがいたことが明らかになった。

(2) 導入した学習の実際とその効果について

まず、本研究で開発した学習内容を第 2 次に導入した際の詳細を述べる。火をつけたロウソクに穴のないペットボトルをかぶせると火が消えていった理由を再度尋ねたところ、両クラスとも表 5 の 1), 2), 3) の考えが出されたので、個々の子どもの考えをもとに実験グループを構成した。

表 5 両クラスの実験グループ構成

子どもの考え	1組	2組
1) 酸素が減少したせいで消えた	1, 2, 3, 4	1, 2, 3
2) 二酸化炭素が増加したせいで消えた	5, 6	4, 5, 6, 7
3) 酸素の減少と二酸化炭素の増加両方のせいで消えた	7, 8, 9	8, 9

(数字は実験グループの番号)

3) の考えの検証にあたっては、酸素の割合と二酸化炭素の割合の両方の条件が満たされる必要があるが、両クラスとも 3) の考えに該当する実験グループが複数あったため、次の 2 つのことを分担し、片方の条件だけでは火は消えないことを検証するよう指示した。

- 二酸化炭素は多くても、酸素が多ければ火は消えない。（1組：7・9グループ，2組：8グループ）
- 酸素が少なくても、二酸化炭素が少なければ火は消えない。（1組：8グループ，2組：9グループ）

また、各実験グループが考えた混合気体中の酸素と二酸化炭素の体積の割合は表 6 のとおりであった。子どもにとっては、注射筒やガス量調整ネジを用いて気体を量り取るのは初めてであった

ことを考慮して、実験前には、酸素や二酸化炭素、窒素を空気と同じ割合で混合することを練習として行わせた。

表 6 各グループの酸素・二酸化炭素の割合

実験 グループ	1組		2組	
	酸素	二酸化炭素	酸素	二酸化炭素
1	15%(75mL)	2%(10mL)	13%(65mL)	0%(0mL)
2	10%(50mL)	0%(0mL)	5%(25mL)	0.01%(0.05mL)
3	15%(75mL)	3%(15mL)	9%(45mL)	0.04%(0.2mL)
4	15%(75mL)	0%(0mL)	20%(100mL)	10%(50mL)
5	20%(100mL)	6%(30mL)	25%(125mL)	15%(75mL)
6	30%(150mL)	8%(40mL)	20%(100mL)	12%(60mL)
7	40%(200mL)	30%(150mL)	25%(125mL)	15%(75mL)
8	21%(105mL)	4%(20mL)	30%(150mL)	10%(50mL)
9	15%(75mL)	1%(5mL)	12%(60mL)	1.5%(7.5mL)

両クラスとも、全グループの実験結果を交流したところ、閉じた空間でロウソクの火が消える原因は、二酸化炭素の増加ではなく酸素の減少であることを、ほとんどの子どもは納得できた。しかし、ごく少数ではあったが、今回の実験結果からすれば火が消える原因は酸素の減少だけであると言えるが、まだ充分には納得できないという子どもがいた。そこで、他の子どもたちも含めて話し合った結果、酸素の割合を空気中とほぼ同じ25%にし、残り75%を全て二酸化炭素にしても火が消えなければ納得できるということになった。実験グループごとにこれらの割合の混合気体を作って実験させ、その結果を全員で確認することで、閉じた空間でロウソクの火が消える原因は酸素の減少であり、二酸化炭素の増加は関係ないことをまとめた。

次に、上で述べた学習内容を実施した効果を検証する。本単元終了後に行った到達度テスト中の調査3「火がついたろうそくに、穴のないペットボトルをかぶせると、しばらくして火が消えました。その原因を答えなさい。」に対する回答について、表4に基づいて分類を行った結果は表7のとおりである。新たに「酸素よりも二酸化炭素の方が多かったから」という回答（分類⑦）が加

わった一方で、実験ア)とイ)についての学習後に加わっていた分類⑤と⑥にあたる回答はなかった。

表 7 調査3での回答

分類	内容	人数
①	a)の減少	54(69.2%)
②	b)の増加	4(5.2%)
③	a)の減少とb)の増加の両方	9(11.5%)
④	a)がb)へ変化	1(1.3%)
⑤	a)の減少とb)の存在	0(0%)
⑥	a)の減少またはb)の増加	0(0%)
⑦	a)の割合<b)の割合	1(1.3%)
その他		9(11.5%)

表4と表7では、閉じた空間においてロウソクの火が消える原因に対する子どもの概念は、分類①が酸素の減少のみであり、分類②以降（表4では分類②～⑥、表7では分類②～④と⑦）は二酸化炭素が関係していることを意識しているということになる。このことから表4と表7を再分類すると、表8のとおりになる。実験ア)とイ)についての学習直後と、本研究で開発した学習内容を実施した後の2回の調査結果を比較するために、カイ二乗検定を行ったところ有意な偏りが認められた($\chi^2(2)=11.461$, $p<.01$)。残差分析（表9）によると、本研究で開発した学習内容を実施した後では、酸素の減少を原因として考えている子どもの数が有意に増加し、二酸化炭素が関係していることを意識している子どもの数は有意に減少している。

表 8 表4と表7の再分類結果（人）

	実験ア)・イ)後	単元終了後
分類①	33(42.3%)	54(69.2%)
分類②以降	28(35.9%)	15(19.3%)
その他	17(21.8%)	9(11.5%)

表 9 表8の残差分析

	実験ア)・イ)後	単元終了後
分類①	- 3.385**	3.385**
分類②以降	2.329*	- 2.329*
その他	1.719+	- 1.719+

(+ $p<.10$ * $p<.05$ ** $p<.01$)

以上の分析結果から、本研究で開発した学習内容は、閉じた空間においてロウソクの火が消えることに二酸化炭素が関係するという概念をもつ子どもが、酸素の減少が原因であるという概念へ変化する上で有効であると判断できる。

4. 結論と今後の課題

該当単元導入前と、実験ア)とイ)についての学習終了直後に行った調査結果の分析から、これらの実験について学習することで、閉じた空間内でロウソクの火が消えることに二酸化炭素が関係しているという概念をもつようになる子どもがいることが明らかになった。また、本研究で開発した学習内容を導入することで、そのような誤概念をもつ子どもは減少することが確認できた。

一方、表8から分かるように、本研究で開発した学習内容を実践した後にも、ロウソクの火が消えることに二酸化炭素が関係しているという誤概念(分類②以降)をもっている子どもがいることも明らかになった。そのような子ども15人について、実験ア)とイ)の学習直後にはどのような概念をもっていたのかを整理したところ、表10の結果が得られた。

表 10 誤概念をもつ子どもの回答内容の変化

実験ア)・イ)後→単元終了後	人数
分類①→分類③	4
分類②→分類②	1
分類②→分類③	1
分類②→分類⑦	1
分類③→分類②	1
分類③→分類③	1
分類④→分類④	1
その他→分類②	3
その他→分類③	2

表10からは、実験ア)とイ)の学習直後には分類①の概念をもっていた子ども全33人(表8参照)のうち、本研究で開発した学習内容の導入によって4人が分類③の回答を行うようになっていたことが分かった。分類③は実験ア)の結果にあた

る内容であるために、そこでの学習の影響も考えられるが、本研究で開発した学習内容の導入との因果関係を明らかにするとともに、この学習内容を再考する必要があると考えられる。また、表10において実験ア)とイ)の学習直後の分類が「その他」に該当していた5人については、実験ア)やイ)についての理解が不十分であったことも原因の一つとして考えられることから、新たな学習内容の開発と合わせて、実験ア)やイ)についての学習の充実を図る必要があると考える。

<注および引用・参考文献>

1) 文部科学省：「小学校学習指導要領解説理科編」，pp. 54-57，2008，大日本図書株式会社。

2) 次の5誌を調査した。

- ・啓林館：「わくわく理科6」，pp. 6-19，2010 検定済版。
- ・大日本図書：「たのしい理科6年 - 1」，pp. 8-25，2010 検定済版。
- ・東京書籍：「新しい理科6」，pp. 8-21，2011。
- ・学校図書：「みんなと学ぶ小学校理科6年」，pp. 8-22，2010 検定済版。
- ・教育出版：「地球となかよし小学校理科6」，pp. 6-20，2010 検定済版。

3) 次の文献には、ロウソクの火は酸素濃度が16～17%に減少した場合に消えることが記されている。

田中春彦：「環境と人にやさしい化学」，p. 14，2001，培風館。

4) 実験イ)の二酸化炭素の場合と同様に、森本・仲村(1995)は、二酸化炭素をロウソクの火の上方から注ぐ実験を見せると、子どもたちが、二酸化炭素は炎を消す働きがあると勘違いしてしまうことを指摘している。

森本弘一・仲村充代：「小学校における燃焼教材のあり方について」，奈良教育大学教育研究所紀要，Vol. 34，pp. 1-8，1995。

5) 前掲書2)。